

Opinnäytetyö (AMK)

Muotoilun koulutusohjelma

Tuotemuotoilu ja valmistus

2010

Petri Leimu

LUMILOTTA

Lasten pulkka



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Petri Leimu

LUMILOTTA

Lasten pulkka

Opinnäytetyössä on suunniteltu lasten pulkka käyttämällä perinteisen pulkan ominaisuuksia ja muotoja sekä modernisoimalla niitä. Pulkka on valmistettu lujitemuovitekniikalla ja materiaaleina on käytetty tyydytettyä polyesteriä kuitulujitettuna sekä muita venealalla käytettyjä materiaaleja. Opinnäytetyössäni oli tavoitteena tutkia eri muoveja ja niiden valmistustekniikoita saadakseni tietoa niiden soveltuvuuksista pulkan valmistukseen.

Tavoitteena oli muotoilla ja valmistaa uudenlainen pulkka jonka käyttäjäryhmä on 7-vuotiaat lapset. Pulkassa piti olla kotelo varahansikkaille sekä kahvat joista laskija saa ergonomisesti oikealla tavalla kiinni sekä sen piti olla kahteen suuntaan toimiva. Valmistustekniikan valinta kustannuksien kartoittamiseksi sisältyi myös tavoitteisiin.

Konseptien ja prototyyppien avulla kehitimme muotoiluun ja käytettävyyteen oikeita suuntia. Pulkan valmistukseen on käytetty kaksikuorirakennetta ja komposiittitekniikkaa. Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi pulkka, joka eroaa perinteisistä markkinoilla olevista pulkista. Se on ulkonäöltään erilainen ja lisäksi toimivuus on saanut halutut yksityiskohdat. Pulkan muotteja tehdessäni tein laskelman avomuotin kustannuksista pulkassani. Lopputuloksena sain myös tietoa että valmistamani pulkka on hieman liian painava ja jatkokehittelynä sitä täytyy keventää

ASIASANAT:

Pulkka, lasikuitu, polyesteri, polyeteeni

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree programme in Design | Product design

1.11.2010 | Total number of pages 50

Jouni Suvala

Petri Leimu

LUMILOTTA

a children's sled

The objective of my Bachelor's Thesis is to design and manufacture a children's sled.

My aim was to design and manufacture a new kind of children's sled which has as good features and design as a traditional sled. The objective was to find the right material for the manufacture of this sled and examine the cost differences.

In my project I explored many different plastics and their manufacturing methods. Calculations showed that the polyethylene is the best option for manufacturing a sled. Boat fabrication techniques and composite technology were eventually the options which were used.

As the result of this study and based on acquired information and my own vision a sled was created. It has the functionality of a modern sled.

KEYWORDS:

Sled, fibreglass, polyester, polyethylene

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 TAUSTAT	6
2.1 Tuotekehitysprojekti	6
2.2 TAO, Turun Ammattiopisto	7
2.3 Lujitemuoviveneiden valmistustekniikat	7
3 OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	8
3.1 Tutkimuskysymykset	8
3.2 Tiedonhankinta	8
4 VIITEKEHYS	9
5 KÄYTTÄJÄLÄHTÖINEN SUUNNITTELU	10
6 MATERIAALITUTKIMUS	14
6.1 Muovit	14
6.2 Luisto-ominaisuudet	16
6.3 Pinnan kesto	18
6.4 Hinta	19
6.5 Paino	22
6.6 Lujitemuovitekniikka	23
6.7 Materiaalitutkimuksen analysointi	31
7 MUOTOILU	31
8 VALMISTUSTEKNIikka	33
8.1 Valmistustekniikat	34
8.2 Valmistustekniikan kustannukset	34
9 PULKAN PROTOTYYPPI	41
10 TULOKSET	45
LÄHTEET	47

KUVAT

Kuva 1. 1—7 vuotiaiden lasten mitat	12
Kuva 2. Käsikahvojen mitoitus.	13
Kuva 3. Testausta Paipissa.	13
Kuva 4. Materiaalien maailma.	14
Kuva 5. Muovien eri jakotapoja.	15
-	16

Kuva 6. Muovien koostumus.	16
Kuva 7. Polyeteenijalakset.	17
Kuva 9. Murtovenymä-iskulujuus-yhdistelmä.	19
Kuva 10. Tyydyttämättömän polyesterin suhteellinen hinta.	21
Kuva 12. Muovien ominaisuuksia.	23
Kuva 13. Muovikomposiittituotteiden valmistusmenetelmiä.	24
Kuva 14. Käsilaminoinnin periaate.	25
Kuva 15. Laminointiruisku.	25
Kuva 16. Ruiskulaminoinnin periaate.	26
Kuva 18. Painesäkkikövetuksen periaate.	27
Kuva 19. Kaaviokuva pultruusiokelauslaitteistosta.	28
Kuva 20. Automaattinen ahtopuristuslaitteisto ja menetelmän periaate.	29
Kuva 21. Tuotteen valmistus RTM-menetelmällä.	30
Kuva 22. Tyydyttämättömän polyesterin valmistusmenetelmät Euroopassa 2006.	30
Kuva 23. Dusseldorfin venemessut 2009.	32
Kuva 24. Tuotekehitysprojektin konsepti.	33
Kuva 25. Pulkan luonnos.	33
Kuva 27. Pulkan runkolesti on maalattu lestilakalla.	35
Kuva 28. Runkolesti osittain maalattu gelcoatilla.	36
Kuva 29. Muotin pintamatto.	37
Kuva 30. Muotti on valmis.	37
Kuva 31. Muotin irrotus lestistä.	38
Kuva 32. Muotti ja rungon protokappale.	39
Kuva 33. Pulkan sisäosan lestityö.	40
Kuva 34. Pulkan sisäosan lesti lestilakassa.	40
Kuva 35. Pulkan sisäosan muotti.	41
Kuva 36. Pulkan prototyyppi.	42
Kuva 37. Käsikaiteiden vahvistaminen rowing-nauhalla.	43
Kuva 38. Pulkan poikkileikkaus.	44
Kuva 39. Prototyypin koekäyttö.	44
Kuva 40. Koelasku Paipissa.	45

LIITTEET

Liite 1. Elastomerin käyttöohje

SANASTO

Muotti Yksi tai useampiosainen työväline, joka antaa työvälineessä valmistettavalle kappaleelle sen muodon.

Lesti Prototyyppi tai erikseen valmistettu malli josta muotti tehdään.

Gelcoat Muottien ja kappaleiden pintakerroksen käytettävää hartsia jonka tarkoituksen on parantaa pinnan ominaisuuksia.

Hartsi Hartsi on monen kemiallisen yhdisteen kiinteä tai jähmeä seos, jolla ei ole selvää sulamispistettä. Muoviteollisuudessa nimitetään lisäksi hartsiksi puolivalmistetta tai polymeeriä, jota ei ole muokattu.

PE-HD Suuritiheyspolyeteeni, ämpärit, pulkat

PE-LD Pientitiheyspolyeteeni, muovikassit, kalvot

PVC Polyvinyylikloridi, putket, rakennusmateriaalit

1 Johdanto

Työurani veneteollisuudessa viettäneenä olin seurannut eri venemuotoilijoiden haastaviakin kehitysprojekteja alusta loppuun. Eri tekniikoiden ja materiaalien tullessa tutuksi sain erilaisia ajatuksia tuottaa itsekin veneiden valmistustekniikalla jotakin. Mieltymykseni ja haluni käyttää juuri tätä teknologiaa oli syynä tämän opinnäytetyön pulkan tekemiseen.

Tässä opinnäytetyössä tutkin ja esittelen eri muoveja ja niiden valmistustekniikoita pulkan valmistamiseksi. Pulkassa tärkeitä ominaisuuksia, kuten luisto-ominaisuuksia ja painoa on vertailtu eri muovimateriaalien kesken.

Opinnäytetyössäni esitellään pulkan lestin ja muotin valmistus yksityiskohtaisesti ja lisäksi ensimmäisen prototyypin valmistus.

Sain lopputuloksena tuotettua lujitemuovista valmistetun pulkan, jossa muotoilussa ja toimivuudessa näkyy venealan suuntautuneisuuteni sekä käsityötaustani.

2 Taustat

2.1 Tuotekehitysprojekti

Turun ammattikorkeakoulussa keväällä 2010 suorittamani tuotekehitysprojekti-kurssi oli pohjatietona opinnäytetyölleni. Tuotekehitysprojektini aloitin kuvaamalla ja tutkimalla eri valmistajien jo markkinoilla olevia pulkkia sekä liukureita. Pulkkien mitoitusta tutkin sekä käytännössä lumessa lapsen kanssa pulkkailemalla että rakentamalla prototyyppejä. Prototyyppeihin oli liitetty erilaisia lisäosia ja haluttuja ominaisuuksia. Tämän mitoituksen avulla sain oikean mitoituksen 120 senttimetriä pitkälle lapselle. Tuotekehitysprojektissani tutkin lisäksi turvallisuusasioita, joita laeissa ja määräyksissä annetaan leluille ja urheiluvälineille. Tavoitteenani oli tuotekehitysprojektissa tuottaa prototyyppi pulkasta mutta työni jäi kesken. Syitä tähän olivat haluttujen muotojen muutokset sekä pulkan että sen lisäosien sijoittelun muutokset että niiden

valmistukselliset ongelmat. Päälinjaus muodoissa ja valmistustekniikassa tuli kuitenkin selväksi.

2.2 TAO, Turun Ammattiopisto

TAO perustettiin vuonna 1929 turkulaisen maalarimestarin Samuel Koskisen ja hänen puolisonsa Ida Koskisen testamenttivaroilla. Oppilaitoksessa on annettu opetusta käsityövaltaisiin ammatteihin sen perustamisesta alkaen. Veneenrakennus aloitettiin toisena Suomessa vuodesta 1982 kaksivuotisena opintolinjana. Nykyään oppilaitoksessa opiskelee nuorisoasteella noin 300 opiskelijaa seitsemällä eri opintolinjalla. Veneenrakennuksessa opiskellaan noin 45 opiskelijan vahvuudella perusasioita niin puuvene- kuin lujitemuoviveneistä. Komposiittitekniikka sekä nykyaikaiset valmistusmenetelmät ovat myös opetettavien aineiden luettelossa.

2.3 Lujitemuoviveneiden valmistustekniikat

Muovikomposiittien kaupallinen hyödyntäminen on Suomessa veneteollisuudessa merkittävää. Jo 1940-luvulla veneitä aloitettiin valmistaa lasikuitulujitteisella polyesterihartsilla. Nykyisin suurin osa huvi- ja kilpaveneistä valmistetaan kuitulujitteisista muoveista. Purje- ja moottoriveneiden rungot, kannet, kansirakenteet, pituusjäykisteet, palkit, laipiot sekä sisustuselementit ovat näillä materiaaleilla valmistettuja. Malliston muuttumistarpeiden vuoksi valmistussarjat veneteollisuudessa jäivät pieniksi. Karkeana mittarina voidaan pitää sitä, että mitä pienempi vene, sitä enemmän sitä valmistetaan.

Valmistusmenetelmät riippuvat rakenteille asetetuista vaatimuksista. Käsineläminointia sekä kuituruiskutusta käytetään suurimmassa osassa Suomessa valmistettavista veneistä. Suurimmat valmistajat ovat koneellistaneet lestien ja muottien valmistuksen ja siirtyneet suljettuihin menetelmiin kuten alipaineinjektioihin. (Saarela ym. 2003, 436-437.) Näihin menetelmiin syvennyttään luvussa 5.6 .

3 Opinnäytetyön tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyöni tavoite on valmistaa lapsille pulkka lujitemuovitekniikalla. Työssäni tutkin eri materiaaleja ja valmistusmenetelmiä pulkan valmistamiseksi. Tavoitteena on saada näkemys eri muovityyppien luisto-ominaisuuksista, pinnankestosta, keveydestä sekä hinnasta. Lähdemateriaalin avulla sekä kokeellisesti tutkimalla ja laskemalla esittelen muotinrakennuskustannukset .

3.1 Tutkimuskysymykset

1. Mitkä muovimateriaalit sopivat pulkan valmistukseen?
2. Kannattaako valmistaa avomuotti prototyyppiä varten?

Tavoitteenani on esitellä erilaisia materiaaleja, joista pulkka on mahdollista valmistaa. Laajan materiaalitarjonnan vuoksi ensimmäiseksi tutkimuskysymykseksi tuli, mitkä materiaalit muoveista ovat sopivia painon, luiston, pinnankesto sekä hinnan osilta. Lisäksi muovien eri valmistusmenetelmät vaikuttivat materiaalin valintaan. Lähdemateriaan avulla tein opinnäytetyöhöni sisällysluettelon, josta mielestäni löytyvät oleelliset muovimateriaalit sekä valmistusmenetelmät, joita teollisesti valmistettavissa tuotteissa käytetään. Toisena tutkimuskysymyksenä ja ongelmaa, jota työssäni yritän ratkaista, on kannattaako pientä määrää tuotteita valmistaa perinteisellä venealalla käytetyllä muottitekniikalla. Ensimmäisen tutkimuskysymyksen kohdalla vastausta lähdin selvittämään käymällä läpi suuren määrän eri muoveista kertovia teoksia ja samalla rakentamalla prototyyppiä.

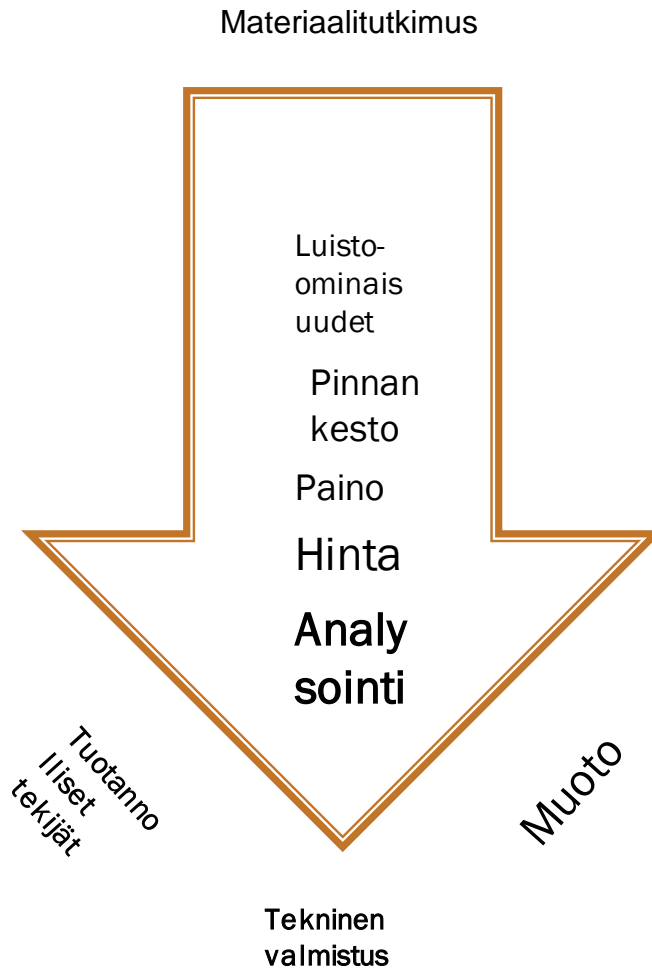
3.2 Tiedonhankinta

Olen käyttänyt opinnäytetyöni lähdemateriaalina muovialan tietokirjallisuutta. Lähdemateriaaleina on ammatillisen koulutuksen oppikirjoja sekä eri asiantuntijoiden kirjoittamia teoksia. Muovimateriaaleista sekä niiden valmistustekniikoista on kirjallista materiaalia runsaasti. Rakennustietokorteista

olen hakenut lapsen mitoitukseen liittyviä tietoja. Tiedonhankintana olen lisäksi käyttänyt havainnointia, sillä käytännön kokeilumme 7-vuotiaan lapsen kanssa selvitti mitoitukseen liittyviä asioita.

4 Viitekehys

Viitekehyksessäni on tutkimukseni teoreettiset lähtökohdat kuvattu materiaalitutkimuksen alle sekä tuotannollisiin tekijöihin ja muotoiluun. Viitekehykseni on visualisoitu nuolen muotoon ja se samalla toimii prosessini kaaviona. Kaaviossani tuotannollisista tekijöistä ja sen tutkimuksesta pitäisi olla vuorovaikutusnuoli materiaalitutkimukseen, koska opinnäytetyössäni käsittelen niitä ja niiden vaikutuksia yhdessä. (Anttila 2005, 167-170.) Prototyypin valmistus ja sen käsitteellistäminen tällä tavoin prosessissa kuvaamalla antaa mielestäni selkeimmän kuvan ja rajaa tutkimuksen selkeästi.



5 Käyttäjälähtöinen suunnittelu

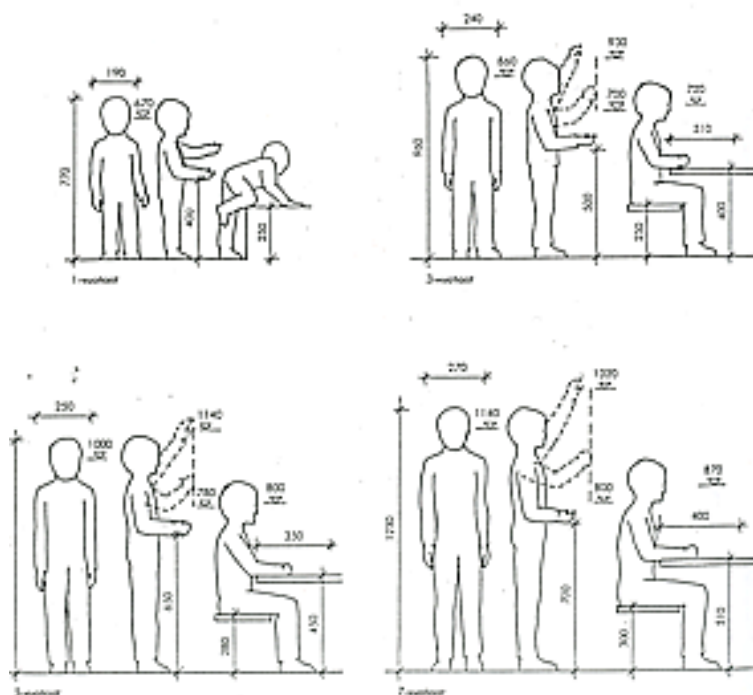
Käytettävyys tuotteen ominaisuutena kuvaa, kuinka sujuvasti tuotteen toimintoja käyttäjä käyttää päästäkseen haluamaansa päämäärään (Kuutti 2003, 13). Karkeasti jaoteltuna käytettävyys on joko huonoa tai hyvää. Pulkassani voidaan havaita käytettävyyden kannalta useita käyttäjää mietityttävää toimintaa. Ensimmäiseksi käyttäjä miettii perinteisen pulkan käyttöä eikä helposti havaitse, että pulkassani ei ole väliä kuinka päin sillä laskee mäkeä. Visuaalinen ”vihje” on muotojen samankaltaisuus molemmissa päädyissä, joten hieman tutkittuaan pulkkaa käyttäjä ymmärtää asian. Käytettävyys koostuu opittavuudesta, muistettavuudesta, tehokkuudesta, pienestä virhealttiudesta sekä mielletävyydestä. (Kuutti 2003, 13-14.)

Pulkkani on tarkoitettu noin 7— vuotiaille lapsille. Tehdessäni tuotekehitysprojektia 2010 Turun Ammattikorkeakoulun Muotoilun koulutusohjelmaan kartoitin todellisissa talvisissa ympäristöissä pulkkien käyttäjien käyttäytymistä. Havainnoimalla ja tekemällä koemittauksia sain käyttäjälähtöisesti pohjatietoa opinnäytetyölleni. (Leimu 2010, 15-19.)

Seuraavaksi tutkin Rakennustietosäätiön Rakennustietokorttia Ihmisen mitat ja ulottuvuudet – RT 09- 10409. (Kuva 1). 7— vuotiaan keskimääräinen pituus on 1230 mm, ja tämä on huomioitu pulkan mitoituksessa. Pulkan pituus on 1200 mm, ja istuinosan pituus on 940 mm. Keskimääräinen jalkojen pituus käyttäjäryhmällä on alle 700 mm, joten istuintason pituus riittää vaikka olisikin jalassa talvikengät. Toinen tutkittava mitta on käsikahvojen etäisyys maasta. Kun käsivarsi on ojennettuna 90 asteen kulmassa eteenpäin maassa istuttaessa, keskimääräinen korkeus on 210 mm. Käsikahvojen korkeus maanpinnasta on pulkassa 200 mm. Käsikahvojen korkeimman kohdan etäisyys lapsen istuessa pulkassa määriteltiin tuotekehitysprojektissa, ja se oli noin 500 mm laskijan selästä. (Kuva 2)

Suunnittelua ja erityisesti käyttäjälähtöistä suunnittelua tein koko opinnäytetyöni ajan. Kohderyhmään kuuluvan lapsen avulla sain tietoa monista eri ergonomiaan ja käytettävyyteen liittyvistä asioista. (Kuva 3).

1-7-VUOTIAIDEN LASTEN MITAT JA ULOTTUVUUDET



Kuva 1. 1—7 vuotiaiden lasten mitat (RT 09-10409).



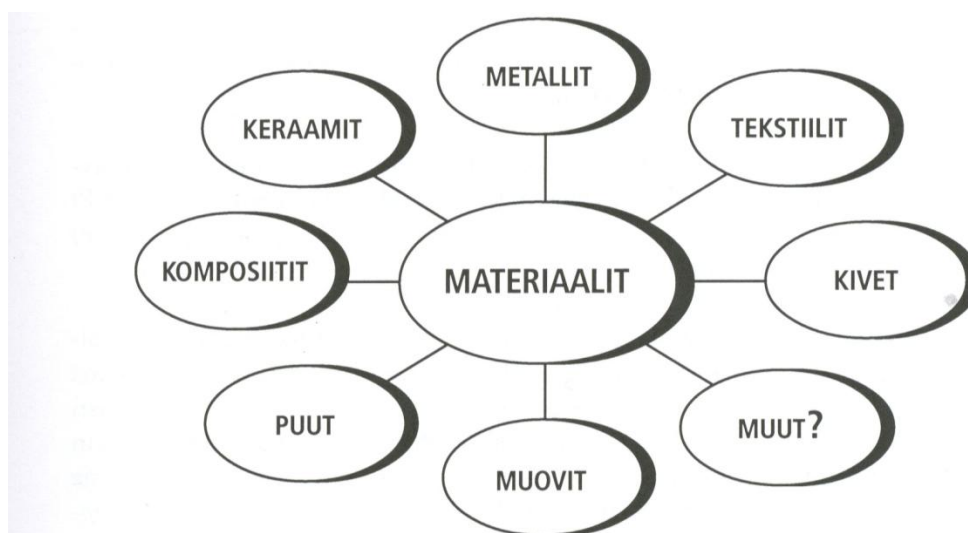
Kuva 2. Käsikahvojen mitoitusta.



Kuva 3. Testausta Paipissa.

6 Materiaalitutkimus

Materiaalitutkimuksella opinnäytetyössäni tarkoitan pulkissa käytettävien eri materiaalien luisto-ominaisuuksien, pinnan kestojen, hintojen ja painojen tutkimista. Muovit ovat tärkeitä tutkimuksessani, sillä aikaisemmin valmistetut pulkat on valmistettu useimmiten polyeteenistä. Eri materiaalien valtava tarjonta tarjoaa oman haasteensa pulkan valmistukseen. (Kuva 4). Haasteena on lisäksi löytää edellä mainittuihin ominaisuuksiin sopivat valmistusmenetelmät.



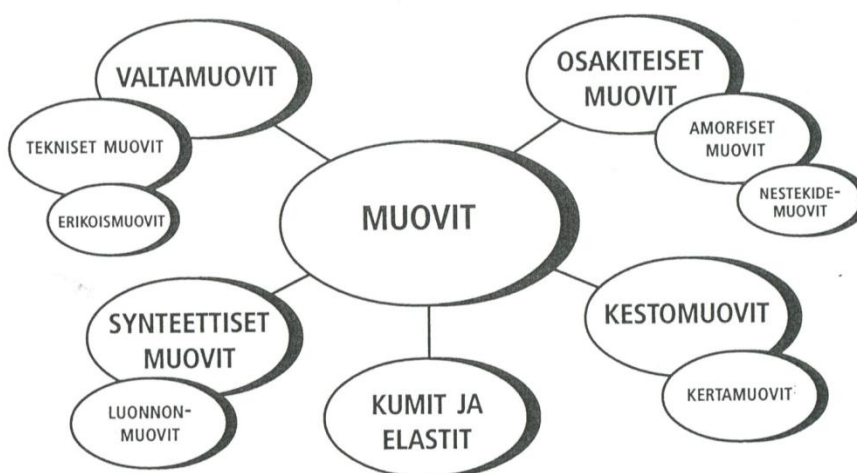
Kuva 4. Materiaalien maailma (Muovitekniikan perusteet 2002).

6.1 Muovit

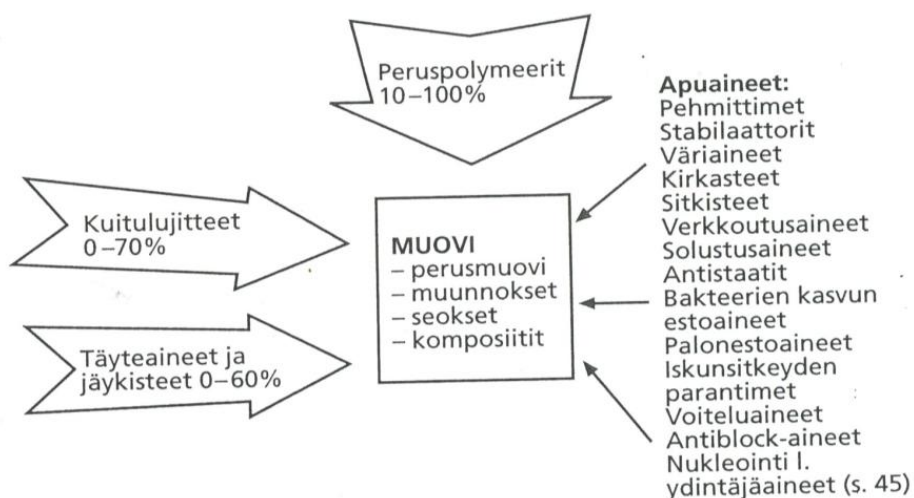
Muovialan kirjallisuudessa muovit jaotellaan koostumuksiensa ja käyttötarkoituksiensa perusteilla. Muoviterminologian epäselvyys sekä käyttäjien itse nimien muovaaminen lisäävät epäselvyyttä. Taulukossa on esitelty yleisimmät jakotavat yhtä aikaa, joten tietty muovi voi esiintyä monessa eri ryhmässä. (Kuva 5).

Komposiitiksi nimitetään kahden tai useamman materiaalin yhdistelmää, joissa materiaalit toimivat yhdessä. Muovikomposiitit ovat yksi komposiittien tärkeimmistä alaryhmistä ja sitä on käytetty sanana ensimmäisen kerran painetussa tekstissä jo vuonna 1923. Muovikomposiitit ovat osoittautuneet kilpailukykyisiksi vaihtoehdoiksi niin suur- kuin pienteollisuustuotannoissa. Suuri

lujuus ja jäykkyys suhteutettuna erityisesti ominaispainoon sekä helpohko mahdollisuus suunnata lujuusominaisuuksia, muotoilunvapaus sekä mahdollisuus valmistaa suuria keveitä rakenteita yhtenä kokonaisuutena on syrjäyttänyt erityisesti metallit monessa kohteessa. Lisäksi muoveille tyypillinen hyvä kemiallinen kestävyys on tärkeä ominaisuus. Komposiitin toinen osa on matriisi eli muovi. Muovattavuusominaisuuksiensa perusteella muovit voidaan jakaa kahteen pääryhmään. Suurempi ja käytetympi ryhmä on kestumuoovit. (Kuva 5). Lämmön ja paineen avulla kestumuoventen molekyylejä, polymeeriketjuja voidaan muokata toistuvasti. Toisin sanoen polyeteenistä valmistettuja pulkkia, joita yleisimmät ovat, voitaisiin sulattamalla ne kierrättää jatkokäyttöön. Pienempi ryhmä on kertamuoovit, joissa perusraaka-aineena on hartsi, josta kertamuovi syntyy kemiallisessa kovettamisreaktiossa. Verkottunutta rakennetta ei voi enää muovata uudelleen. Tyypillisimpiä kertamuoveja ovat tyydyttymättömät polyesterit, joista lujitemuoviveneet valmistetaan. Matriisimuovin lujittaminen tapahtuu ohuilla kuiduilla, joiden avulla aikaansaadaan rakenteellisesti parhaat muovikomposiitit. Lasikuidut, hiilikuidut ja aramidikuidut jotka tunnetaan tuotenimenä kevlar, ovat tunnetuimpia lujitekuituja. (Kuva 6). (Saarela ym. 2003, 17-19.)



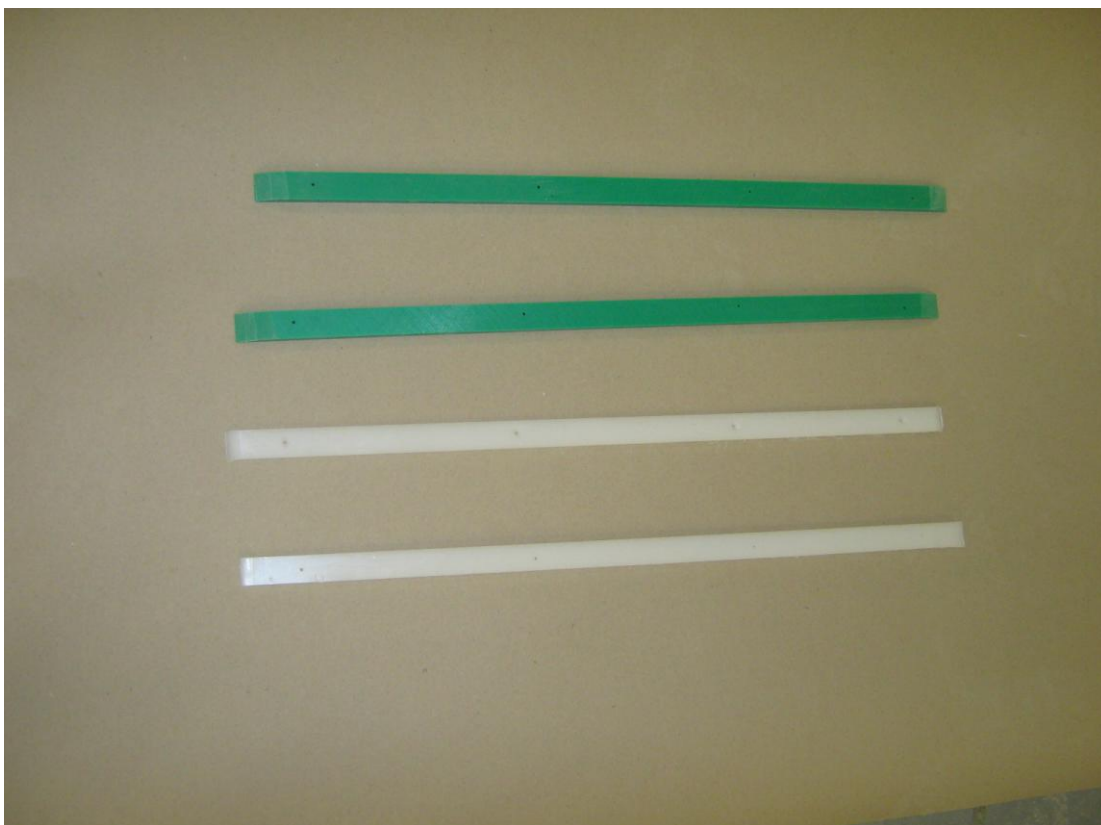
Kuva 5. Muovien eri jakotapoja (Muovitekniiikan perusteet 2002).



Kuva 6. Muovien koostumus (Muovitekniiikan perusteet 2002).

6.2 Luisto-ominaisuudet

Luisto-ominaisuuksia tutkiessani jouduin ottamaan huomioon myös tutkittavien materiaalien pinnan keston sekä niiden hinnat. Muovit ja niiden saatavuus oikeanlaisessa muodossa oli myös myös tärkeä asia valitessani niitä käytettäväksi opinnäytetyöni pulkkaan. Lujitemuovi kertamuovina on liukas, kova ja hauras (Järvinen 2008, 122). Lujitemuovi pulkan materiaalina luisto-ominaisuuksiltaan olisi riittävä, mutta pinnan kesto aiheuttaa ongelmia, joita käsitellään seuraavassa luvussa. Luisto-ominaisuuksiltaan riittäviä muovimateriaaleja on runsaasti. Suurtiheyspolyeteeni on yleisimmin pulkissa käytetty materiaali, joten aloitan tutkimukseni siitä. PE-HD 500, valkoinen ja PE-HD 1000, vihreä ovat saatavissa levymuodossa ja tein pulkkaani varten niistä jalakset leikkaamalla ne jalaksien määrämittäisiksi. (Kuva 7). Jalakset liitetään upotetuilla haponkestävillä ruuveilla pulkan runkoon ja ovat siten helposti vaihdettavissa uusiin. (Kuva 8).



Kuva 7. Polyeteenijalakset.

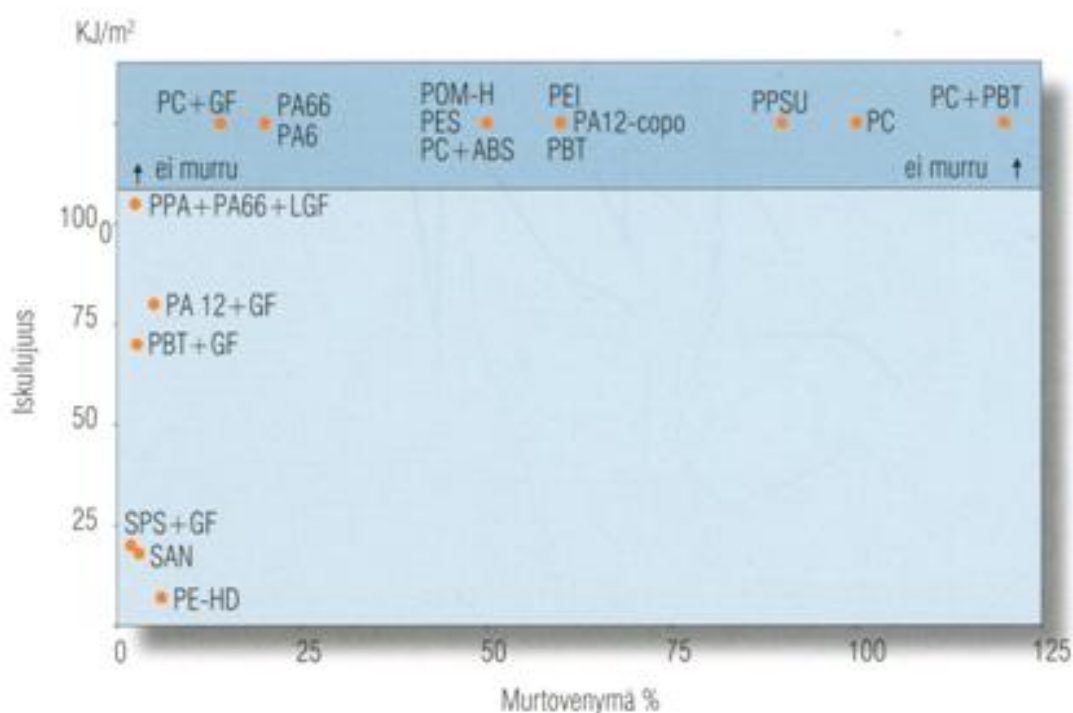


Kuva 8. Jalaksien kiinnitys.

6.3 Pinnan kesto

Käyttäessäni pulkassani lasikuitulujitettua tyydyttämätöntä polyesteria sekä pintahartsina gelcoatia joudun huomioimaan pinnan keston hieman eri tavalla, kuin jos pulkka olisi valmistettu polyeteenistä. Muotissa maalattaessa gelcoatia täytyy tarkasti mitata kalvonpaksuudet, sillä jos maalataan liian paksu kalvo, se herkemmin vaurioituu iskuista. Lisäksi kalvon paksuuden täytyy olla koko kappaleessa homogeeninen, sillä paksuudenvaihtelut vaikuttavat eri lailla pinnankulumiskestävyyteen sekä voivat johtaa eriaikaisiin kovettumisiin, jotka johtavat kappaleen sisäisiin jännityksiin. Tätä työtä varten käytettiin kalvonpaksuusmittaria ja kalvonpaksuudeksi mitattiin 700µm kahdella maalauskeralla.

Murtovenymä-iskulujuusyhdistelmä on mekaanisista ominaisuuksista se, jota pulkan pinnankestossa tutkin. (Kuva 9). Yli 25 % ja sitä enemmän venyvät muovit eivät murru loveamattomassa iskulujuustestissä (Järvinen 2008, 151). Käytettäessä isoftaalipohjaista hartsia muodostui murtovenymäksi 3,5 %. (Saarela ym. 2003, 43). Tämän vuoksi olemme lisänneet pintahartsiin sekä hartsiin elastomeeristä lisäainetta (Liite 1), joka lisää ja parantaa murtovenymää valmistajan mukaan n. 30%. Emme kuitenkaan pääse murtovenymän arvoissa riittävän korkealle, että valmistamamme pulkka olisi sitkeä pinnaltaan ja kestäisi iskut ja vauriot kuten polyeteenistä valmistut pulkat kestävät. Osittain tämänkin ominaisuuden vuoksi valmistin luvussa 6.2 mainitut jalakset pulkkaan.



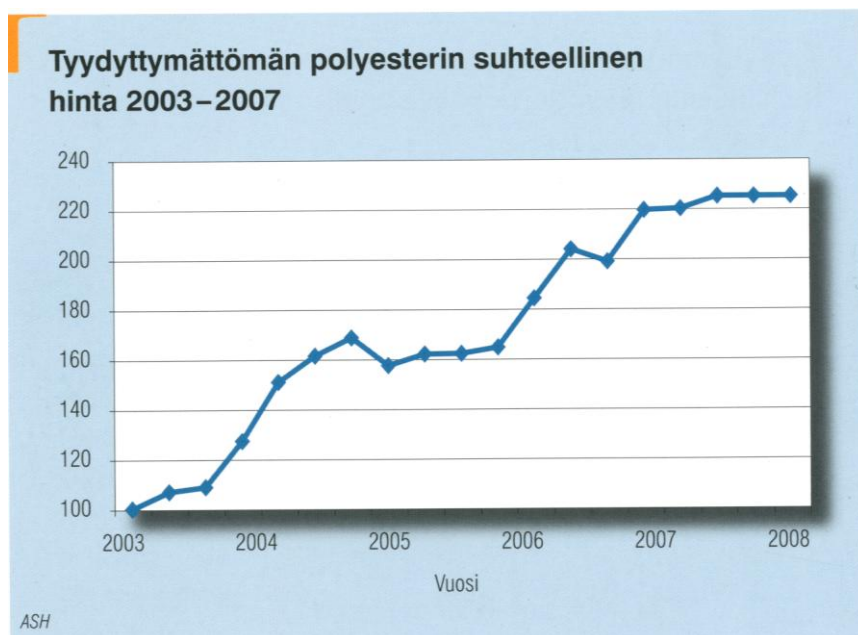
Kuva 9. Murtovenymä-iskulujuus-yhdistelmä (Uusi muovitieto 2008).

6.4 Hinta

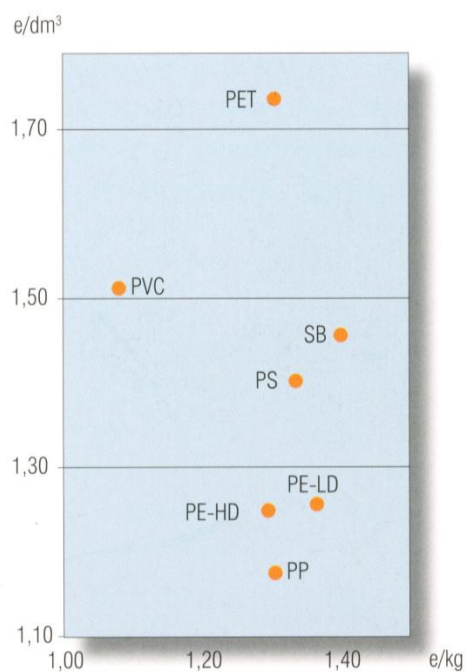
Muovien hinnat muuttuvat jatkuvasti niin meillä Suomessa kuin maailmanlaajuisestikin. Niiden keskinäiset hintaerot suurenevät ja pienenevät

käytettävyyden määrän ja uusien käyttötarkoitusten myötä. Tyydyttämättömän polyesterin suhteellinen maailmanmarkkinahinta on viidessä vuodessa kaksinkertaistunut käytön lisääntyessä. (Kuva 10). Valtamuovien hintakehitys seuraa hyvin pitkälti raakaöljyn hintaa. Muovikappaleiden sekä kalvo- ja levyvalmistajat ostavat tavallisesti muovinsa kilohinnalla. Kappaleiden muoto ja niiden tilavuus sekä paksuus kuitenkin suosivat tiheydeltään alempia muoveja ja näin ollen niistä voidaan tuottaa jopa 30 % enemmän. PVC muovin edullisuus on kasvanut vuosien aikana ja PE-LD on prosentuaalisesti kallistunut eniten. Syitä on todennäköisesti vähittäiskauppojen myynnin kasvaessa maailmalla ja onhan materiaali yleisesti suosituin niiden pakkausmateriaalina. Teknisistä muoveista ABS on edullinen ja on huomattavasti muita edullisempi. (Järvinen 2008, 146- 148.)

Vertailuna PE-HD, josta valmistetaan suurin osa talviurheiluvälineistä, kuten pulkat, on kilohinnaltaan n. 1,30 €/kg. Tilavuusyksikköinä tämän muovin hinta on melko lailla sama. (Kuva 11). Lujitettu polyesteri (60 % lasia), on hinnaltaan noin 4,5 €/kg. Pulkassani polyeteeniä kuluu noin 1,5 litraa, jolloin saavuttaisiin riittävän paksuuden ja lujitettua polyesteriä kuluu noin 6kg. Hinta olisi siis polyeteenistä valmistettuna 1,95 € ja Polyesterituotteen hinta olisi 27 €. Nämä olisivat siis materiaalikustannukset ilman viimeistelyä ja ilman lisäosia. Tuotantomenetelmien vertailua suoritetaan luvussa 8.



Kuva 10. Tyydyttämättömän polyesterin suhteellinen hinta (Uusi muovitieto 2008).



Kuva 11. Valtamuovien tilavuushintoja 2008 (Uusi muovitieto 2008).

6.5 Paino

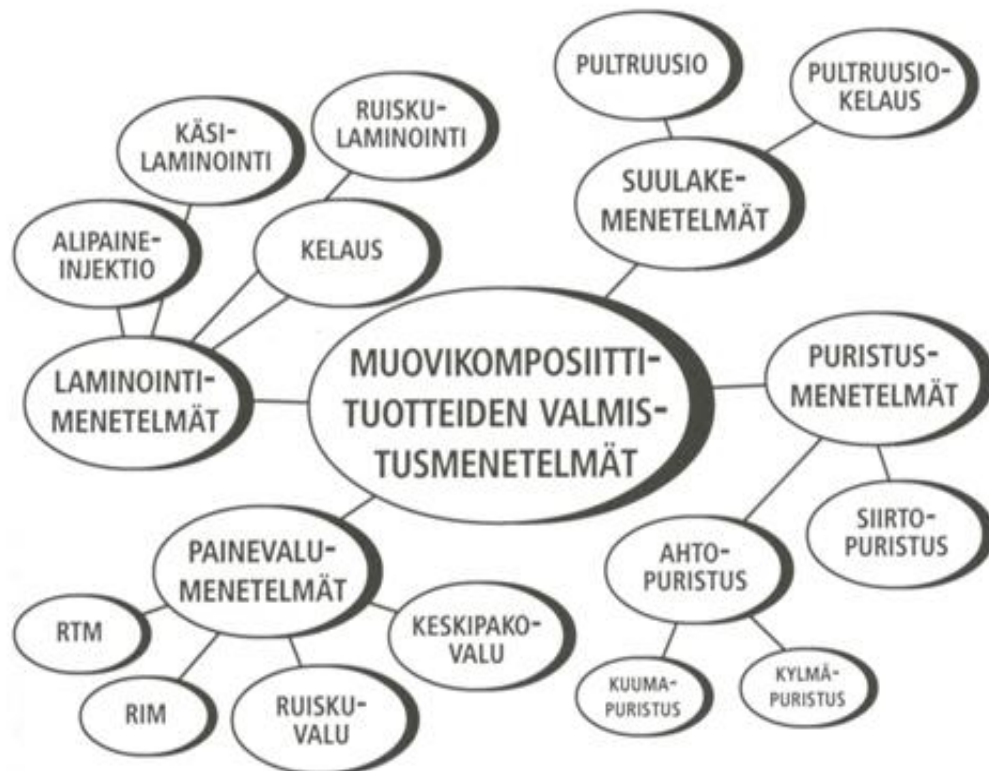
PE-HD on yleisimmin käytetty materiaali talvileikkikaluissa, pulkissa ja liukureissa. Murtumisarvoiltaan materiaali on parasta tämäntyyppiseen käyttöön. Tiheys on pienehkö $0.91\text{-}0.94\text{g/cm}^3$. Tyydyttämätön polyesteri, lujitettuna lasikuidulla, on hieman hauraampaa kuin polyeteeni ja tiheys on suurempi 1.35g/cm^3 . (Kuva 12). (Kurri ym. 2002, 135-144.) Noin 30 % suurempi paino valmistaessamme pulkan lujitemuovitekniikalla tyydyttämättömällä polyesterillä, joka on lujitettu lasikuidulla, ei vaikuta pulkan ominaisuuksiin, joita työssäni haen.

Muovin lyhenne	Tiheys g/cm ³	Ulkomuoto	Murtuminen	Väri	Käyttötarkoituksia
PE-LD	0.91–0.94	Kalvo, levy, tanko, muotokappale, solumuovi	Sitkeä	Samea tai läpikuultava, värjätty tai läpinäkymätön	Kanisterit, putket, säiliöt, leikkikalut, kalvot, pussit
PE-HD	0.94–0.97	Kalvo, levy, tanko, muotokappale,	Sitkeä	Samea tai läpikuultava, värjätty tai läpinäkymätön	Kuljetuslaatikot, virvoitusjuomakorit, liukulaakerit, putket, säiliöt, leikkikalut
PP	0.90–0.91	Kalvo, levy, tanko, muotokappale,	Sitkeä	Samea tai läpikuultava, värjätty tai läpinäkymätön	Köydet, narut, kotelot, kalvot, pussit, huonekalut, putket, tekstiilit
PVC, kova	1.38	Kalvo, levy, tanko, muotokappale	Sitkeä	Lasinkirkas, värjätty tai läpinäkymätön	Putket, harjakset, kanisterit, pullot, köydet, kalvot
PVC, pehmitetty	1.20–1.35	Kalvo, levy, tanko, solumuovi	Sitkeä	Lasinkirkas, värjätty tai läpinäkymätön	Lattiapäällysteet, teipit, pöytäliinat
PS	1.05	Kalvo, levy, tanko, muotokappale, solumuovi	Hauras	Lasinkirkas, värjätty tai läpinäkymätön	Ruokailuastiat, kasettikotelot, leikkikalut, eristeet
ABS	1.06–1.12	Levy, tanko, muotokappale	Sitkeä	Samea tai läpikuultava, värjätty tai läpinäkymätön	Huonekalut, kahvat, laitteiden kotelot, leikkikalut, kulkuneuvojen osat
PMMA	1.18	Levy, tanko, muotokappale	Hauras	Lasinkirkas, värjätty tai läpinäkymätön	Huonekalut, suoja-levyt, linssit, kotelot
PA6	1.13	Kalvo, levy, tanko, muotokappale	Sitkeä	Samea tai läpikuultava, värjätty tai läpinäkymätön	Hammaspöyrät ja -tangot, liukulaakerit, sähkölaitteiden kotelot, tekstiilit
PC	1.2	Levy, tanko, muotokappale	Sitkeä	Lasinkirkas, värjätty tai läpinäkymätön	Suojalevyt, sähkölaitteiden kotelot, kulkuneuvojen osat
PET	1.37	Kalvo, levy, tanko, muotokappale	Sitkeä	Samea tai läpikuultava, värjätty tai läpikuultava	Virvoitusjuomapullot, pakkauskalvot, tekstiilit
UP lasikuitulujitettu	1.35	Lujitettu, tanko, putki, levy, esine	Hauras	Samea tai läpikuultava, värjätty tai läpikuultava	Veneet, liikennevälineiden korin osat, putket, säiliöt

Kuva 12. Muovien ominaisuuksia (Muoviteknikan perusteet 2002).

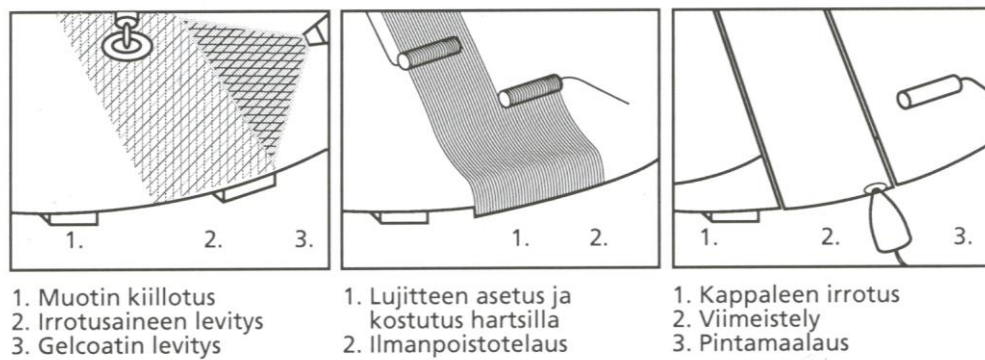
6.6 Lujitemuovitekniikka

Lujitemuovituotteiden valmistusmenetelmistä laminointimenetelmiin kuuluvat käsinlaminointi, ruiskulaminointi, alipaineinjektio ja kuitukelaus eri muunnoksineen. (Kuva 13).



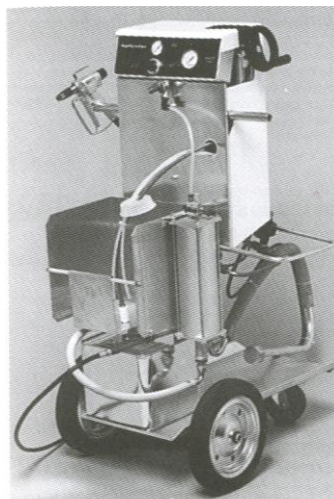
Kuva 13. Muovikomposiittituotteiden valmistusmenetelmiä (Muovitekniikan perusteet 2002).

Käsinlaminointi on yksi käytetyimmistä menetelmistä lujitemuovituotteiden valmistuksessa ja se sopii hyvinkin erikokoisille tuotteille. Menetelmässä täytyy aina olla muotti, jonka avulla kappale valmistetaan. (Kuva 14). Muotti valmistetaan mallista tai lestickä, joka voi olla protokappale tai erikseen valmistettu malli joka kestää polyesterin liuotteen, styreenin. Menetelmän hyvinä puolina voi pitää edullisia laiteinvestoja, työkalut ovat suhteellisen edullisia, pieniä muottikustannuksia, mittatarkkuutta sekä siinä ei ole rajoituksia kappaleen koolle eikä seinämäpaksuudelle. Haittapuolina käsityön suuri osuus, soveltumattomuus suursarjatuotantoon, työtilojen vaatimukset ilmastointineen sekä laadun riippuvuus työntekijästä. (Kurri ym. 2002, 145- 150.)

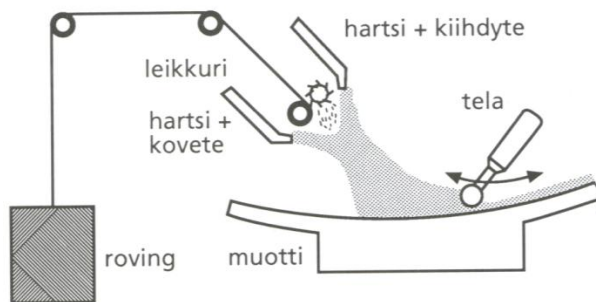


Kuva 14. Käsilaminoinnin periaate (Muovitekniikan perusteet 2002).

Ruiskulaminointia voidaan karkeasti nimittää käsilaminoinnin päivitettyä versiona. Muotit ovat pääsääntöisesti samantyyppisiä, työtekniikat ovat hyvinkin erilaisia. Lujitemuoviruisku on kallis investointi ja sen käyttö on hyödyllistä vain suurissa kappaleissa joissa tuotteiden lujuudella ei ole niin suurta merkitystä. (Kuva 15). Ruiskulaminoinnissa ruiskun pistoolissa sekoittuvat hartsi, kovetin sekä lujitteena oleva rowinglanka. (Kuva 16). (Kurri ym. 2002, 150- 155.) Pulkan valmistus ruiskulaminoinnilla olisi mahdollista, mutta opinnäytetyön pulkassa on rakenteessa erikolaaminatteja joita ei lujitemuoviruiskulla ole mahdollista ruiskuttaa.

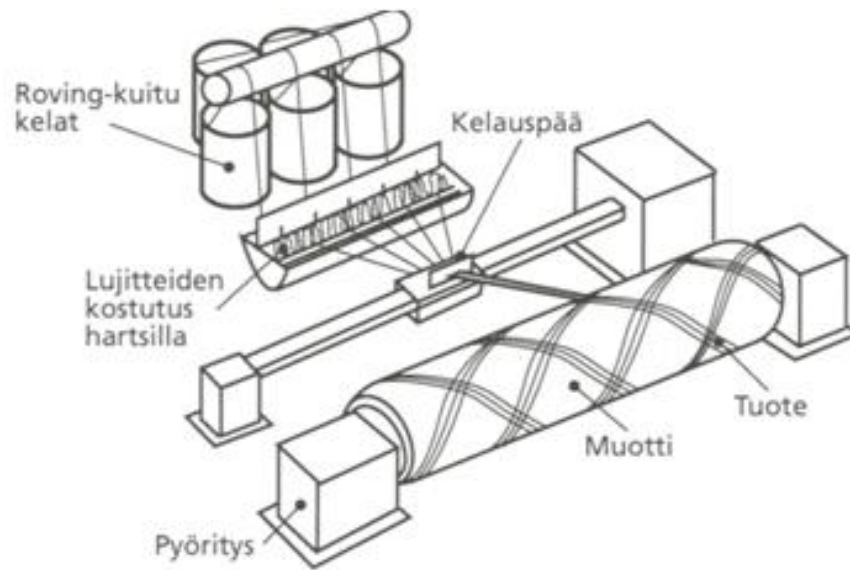


Kuva 15. Laminointiruisku (Muovitekniikan perusteet 2002).

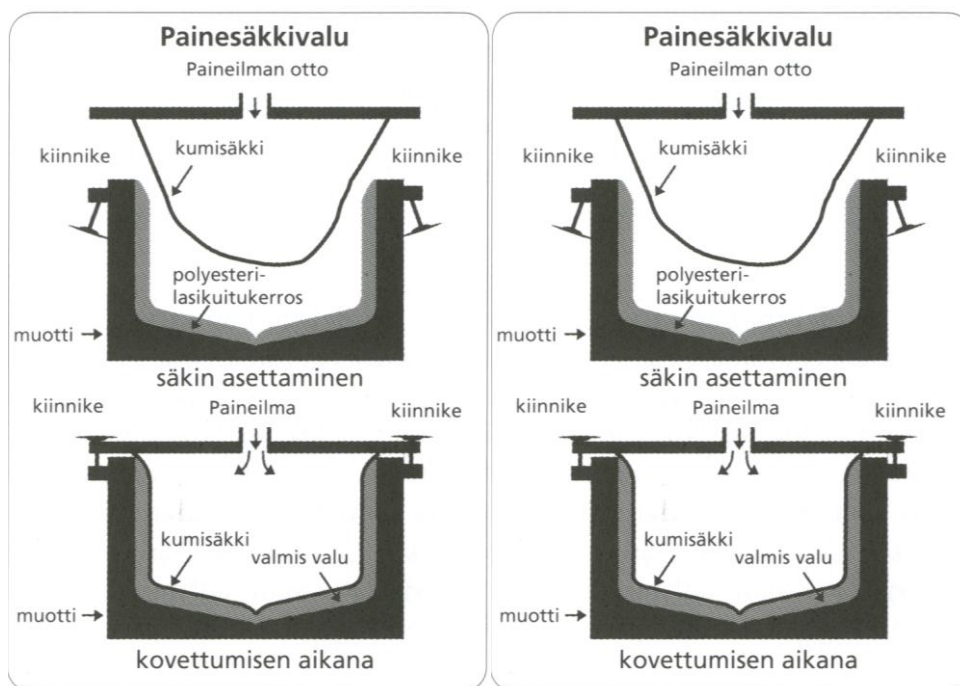


Kuva 16. Ruiskulaminoinnin periaate (Muovitekniikan perusteet 2002).

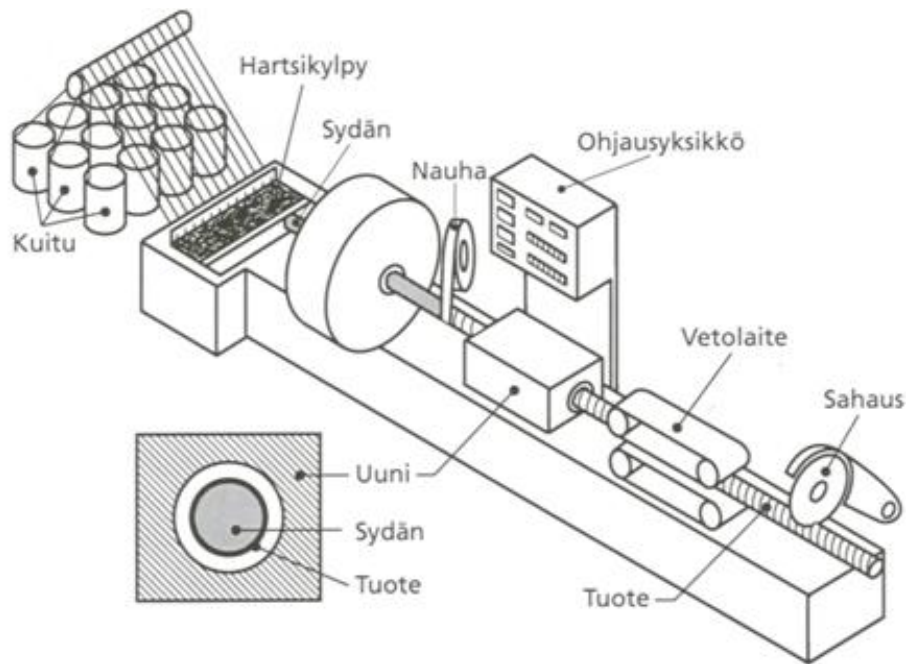
Kelauksessa valmistetaan lujitemuovisia tuotteita ohjaamalla pyörivän muotin päälle hartsilla kostutettua jatkuvaa kuituaihiota. Erilaisia putkia sekä kartionmallisia esineitä on menetelmällä valmistettu ja nykyaikana menetelmän kehittyessä on aloitettu monimutkaistenkin tuotteiden valmistus. Pulkan valmistukseen lujitemuovista tämä menetelmä ei sovi. (Kuva 17). Kovettumismenetelminä laminoidulle tuotteelle ovat siis vapaasti muotissa tapahtuva, tyhjiösäkkikovetus, painesäkkikovetus (kuva 18) sekä alipainesäkkimenetelmä. Menetelmissä käytetään osittain suljettuja muotteja sekä kovettumisaikoja voidaan säädellä erilaisilla apumenetelmillä kuten lämpöä lisäämällä. (Kurri ym. 2002, 150-155.) Pultruusiolla eli suulakevedolla valmistetaan putkia ja profiileja. Matriisilla kosteutettu kuituaihio vedetään muotin eli suulakkeen läpi. Pultruusiokelaus on pultruusion ja kelauksen yhdistelmä. (Kuva 19). (Kurri ym. 2002, 155-157.) Nämä menetelmät eivät sovi lujitemuovipulkan valmistukseen.



Kuva 17. Kelaus periaate (Muovitekniikan perusteet 2002).

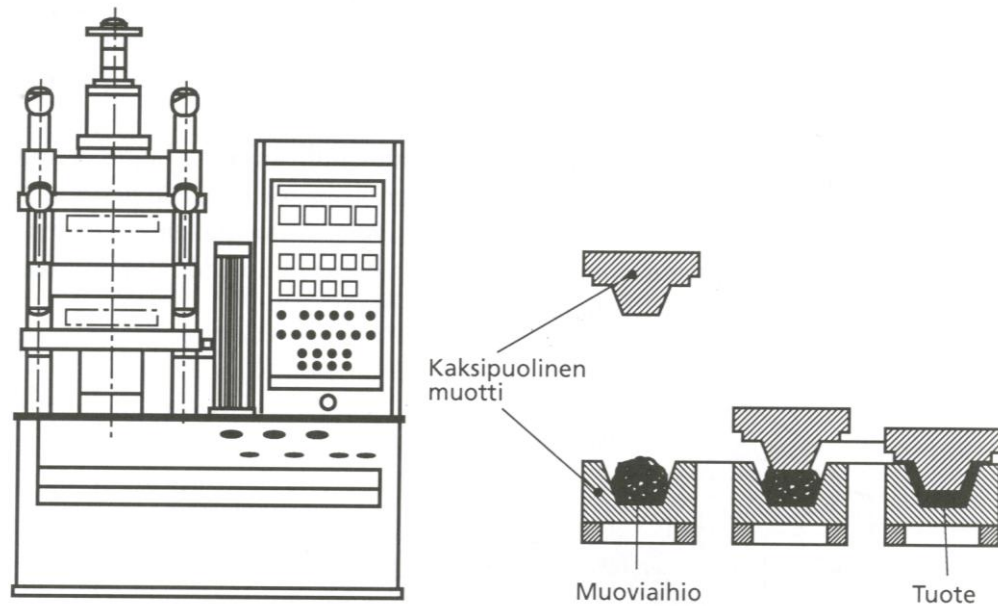


Kuva 18. Painesäkkikovuuden periaate (Muovitekniikan perusteet 2002).



Kuva 19. Kaaviokuva pultruusiokelauslaitteistosta (Muovitekniikan perusteet 2002).

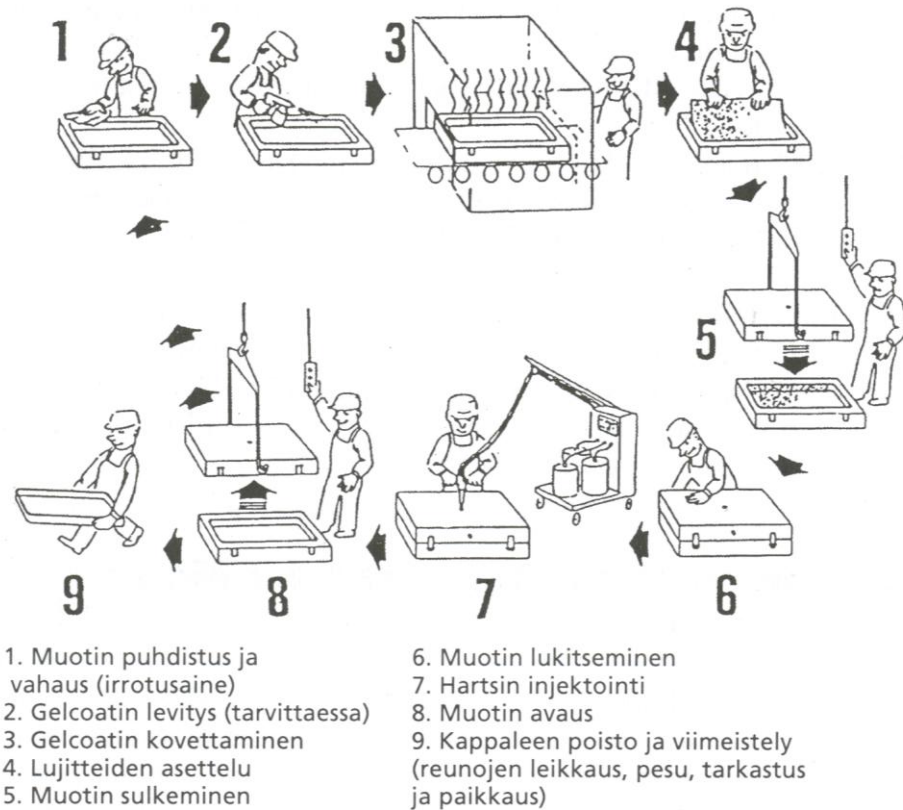
Puristusmenetelmät sopisivat lujitemuovisen pulkan valmistukseen. (Kuva 20). Puristusmenetelmistä mainitaan erityisesti märkäpuristus, jossa lujitteet asetellaan muottiin ja hartsia kaadetaan päälle. Muotti suljetaan ja tuote kovetetaan. Käytettäessä kovetuksen nopeuttamiseen lämpöä puhutaan kuumapuristuksesta. (Kurri ym. 2002, 157-159.)



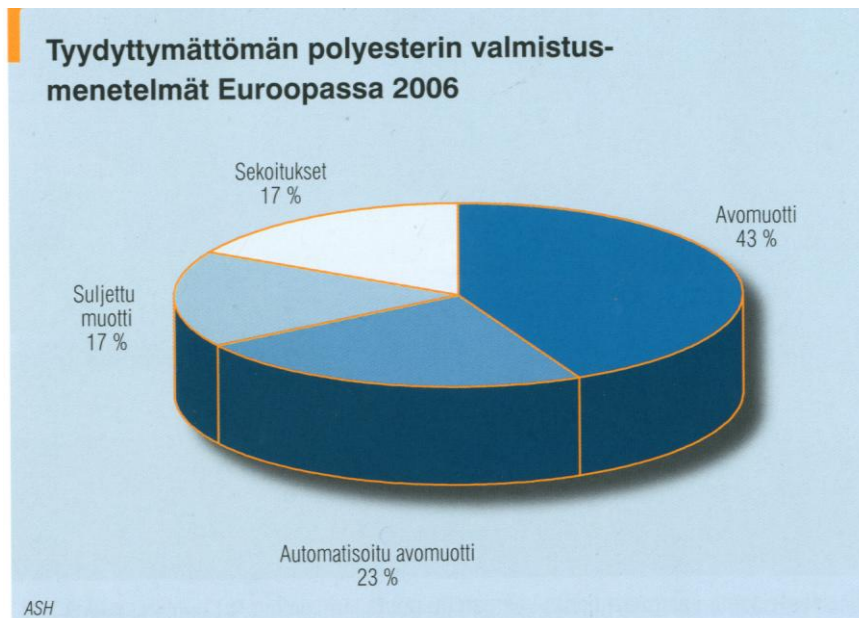
Kuva 20. Automaattinen ahtopuristuslaitteisto ja menetelmän periaate (Muovitekniiikan perusteet 2002).

RTM-menetelmä on painevalumenetelmä ja sitä kutustaan myös hartsi-injektioksi. Muotit ovat kaksiosaisia, ja ne suljetaan ennen hartsin ruiskutusta. Muottien on oltava käsinlaminoinnin muotteja jäykempiä ja niissä on huomioitava injektioaine. Veneteollisuudessa käytetään painevalumenetelmää jonkin verran ja se on yleistymässä. Pulkan tekeminen tällä menetelmällä olisi mahdollista. (Kuva 21). (Kurri ym. 2002, 159-161.)

Tyydyttämättömien polyesterien käytön jakautuminen Euroopassa on uusien valmistusmenetelmien myötä muuttunut. (Kuva 22). Huomioitavaa kuitenkin avomuotin suuri 43 % osuus. (Järvinen 2008, 124.)



Kuva 21. Tuotteen valmistus RTM-menetelmällä (Muovitekniikan perusteet 2002).



Kuva 22. Tyydyttämättömän polyesterin valmistusmenetelmät Euroopassa 2006 (Muovitekniikan perusteet 2002).

6.7 Materiaalitutkimuksen analysointi

Tutkittuani materiaalitutkimuksessani eri asioita pulkan valmistamiseksi sain paljon tärkeätä tietoa eri materiaaleista sekä niiden ominaisuuksista. Valittuani menetelmäksi lujitemuovitekniikan avomuotilla jouduin hylkäämään monia ominaisuuksia, joita muilla materiaaleilla ja valmistusmenetelmillä saavutettaisiin. Luisto-ominaisuuksissa lujitemuovi oli yhtä hyvä kuin polyeteeni, mutta se on liian hauras. Pinnan kesto oli yhteydessä myös luisto-ominaisuuksien tutkimiseen. Polyeteenin ominaisuudet olivat parhaat tässä tutkimusosiossa ja vaikka käytin lisäaineita gelcoatissa ja hartsissa, en saavuttanut lähellekään polyeteenin arvoja. Tämän vuoksi lisäsimme valmistettavaan pulkkaamme polyteenijalakset. Kustannuksien tutkimisessa päädyimme huomattavaan eroon jälleen polyeteenin eduksi. Toisaalta suhteellisesti verraten pulkan myyntihintaan sillä ei ole merkitystä niin paljon. Lujitemuovitekniikalla valmistettu pulkka tulee tutkimukseni mukaan tpainamaan noin 30 % enemmän kuin polyteenipulkka ja käytännössä vielä enemmän. Pulkassani ei tämänsuuruinen painonlisäys kuitenkaan aiheuta haittaa.

Valmistustekniikka lujitemuovitekniikassa ei tarjonnut kuin kolme eri vaihtoehtoa. Päädyimme valmistamaan pulkan avomuotilla käsinlaminoimalla siksi, että käytössämme ei ollut tarvittavia koneita eikä laitteita muihin mahdollisiin menetelmiin.

Käyttämällä perinteistä avomuottia käsinlaminoimalla lujitemuovipulkkaa emme saa yhtä kevyttä, kestäväää ja edullista pulkkaa kuin polyteenistä valmistamalla. Valmistusmenetelmän edullisuus on tämänlaisessa tuotekehitysprojektissa kuitenkin niin tärkeä asia, että siksi valmistamme pulkkamme sillä.

7 Muotoilu

Tuotekehitysprojektissa tekemäni konseptit lasten pulkista antoivat suuntaa sen tekemiseen ja muotoiluun. Aloittaessani tuotekehitysprojektia teemanani oli hakea linjoja muotoiluun nykyaikaisista moottoriveneistä. Tutkittuani eri venemalleja venemessuilla (Kuva 23) sekä alan kirjallisuudesta sain ideoita muotoiluun. Ensimmäiset luonnokset tehtyäni alkoi päälinjat pulkkaani muotoutua. (Kuva 24). Tuotekehitysprojektissa valitsimme konsepteista sen jossa venemäiset muodot jätettiin pois ja keskityttiin muihin muotoon vaikuttaviin tekijöihin. Käsikahvat, kotelot ja selkeästi kaksisuuntainen pulkka olivat tärkeimpiä yksityiskohtia. (Kuva 25).



Kuva 23. Dusseldorfin venemessut 2009.



Kuva 24. Tuotekehitysprojektin konsepti.



Kuva 25. Pulkan luonnos.

8 Valmistustekniikka

8.1 Valmistustekniikat

Lujitemuovituotteiden valmistusmenetelmät määrittelevät ominaisuuksia joita tuotteisiin tulee. Suuria sarjoja tehdessä automaatio pyritään järjestämään mahdollisimman kattavaksi ja kallis käsityö minimoimaan. Pieniä erikoistuotteita tehdessä taas laatu on tärkeämpää kuin edullinen hinta. Luvussa 6 käsiteltiin eri lujitemuovin valmistustekniikoita ja pulkkaan ei näistä menetelmistä kohtuullisilla kustannuksilla sovi kuin avomuotilla toteutettu käsinlaminointi.

8.2 Valmistustekniikan kustannukset

Aloittaessani valmistamaan avomuottia pulkkaani varten minulla oli selkeä mielikuva sen kustannuksien jaosta. Tehdessäni sen osittain opiskelijatyönä sekä omalla ajallani, en työlle voinut selkeästi laskea kustannuksia. Siksi valmistustekniikan kustannuksia käsittelen materiaalipohjalta. Saatuani uretaanista, polyesterikitistä sekä lujitemuovista valmistetun runko-osan lestin (kuva 26) valmiiksi se pinnoitettiin maalaamalla lestilakalla. (kuva 27) .Runkolestin materiaalikustannukset olivat apuaineineen 60 euroa.



Kuva 26. Pulkan runkolesti.



Kuva 27. Pulkan runkolesti on maalattu lestilakalla.

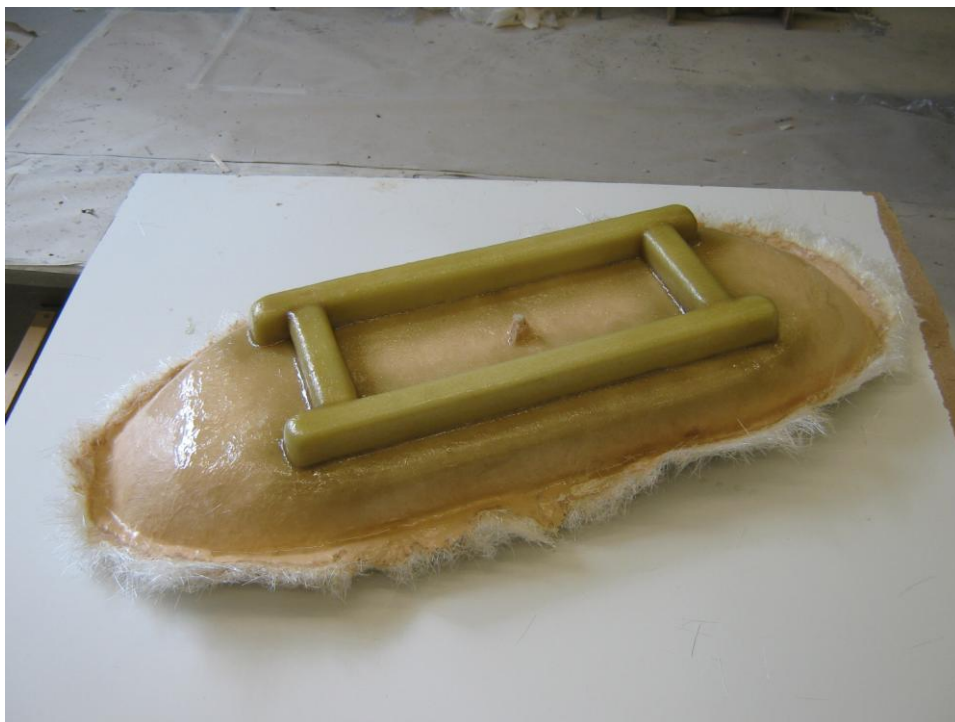
Runkolestistä aloin valmistaa muottia ja irrotusainekäsittelyn ja paineilmaulostyöntimen asennuksen jälkeen maalasini kolmeen kertaan muottigelcoatoin. (Kuva 28). Niiden kovettumisen jälkeen vuorossa oli pintamatto 300g/m² pulverisidotulla katkokuitumatolla (kuva 29). Seuraavassa vaiheessa laminoin kutistumattomalla muottihartsilla 6 kerrosta 450g/m² pulverisidottua katkokuitumattoa. Runkomuotin uretaanijalkojen asennuksen jälkeen se oli valmis irrotukseen lestistä. (Kuvat 30 & 31). Runkomuotin kustannukset apuaineineen olivat 140 euroa.



Kuva 28. Runkolesti osittain maalattu gelcoatilla.



Kuva 29. Muotin pintamatto.



Kuva 30. Muotti on valmis.



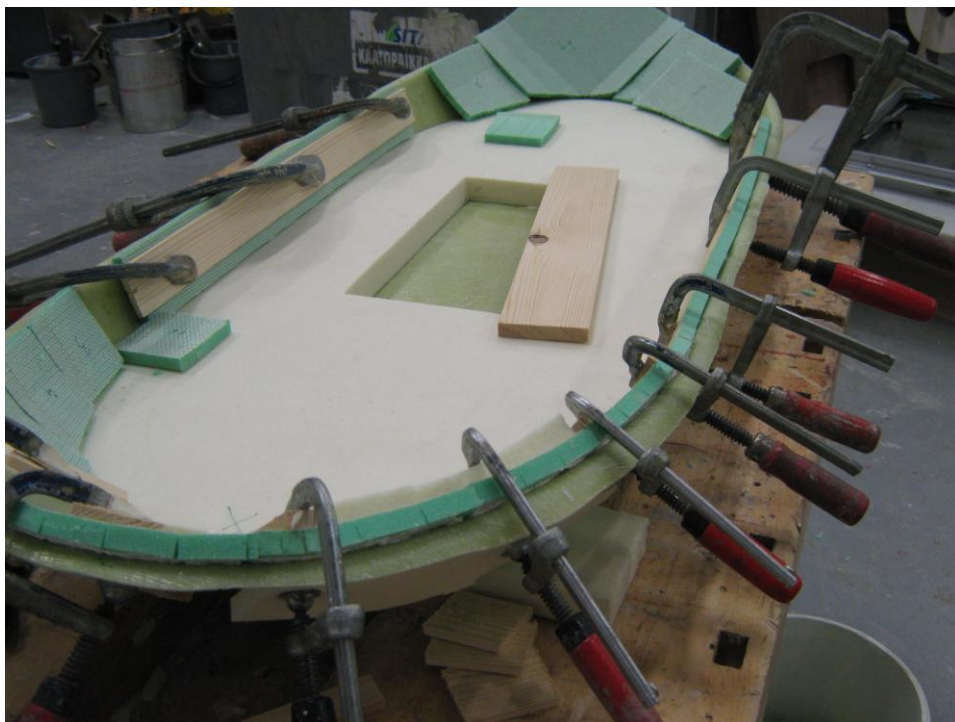
Kuva 31. Muotin irrotus lestistä.

Laminoituani runkomuotista protokappaleen (kuva 32), aloitin sisäosan lestin rakentamisen (kuva 33). Sisäosan lestin maalasin lestilakalla (kuva 34) ja aloitin muotin teon. Sisäosan lestin hinnaksi muotoutui kokonaisuudessaan 85 euroa. Lestin valmistuttua seuraava vaihe oli muotin teko sisäkappaleelle (kuva 35). Sen kustannukseksi tuli 120 euroa. Pulkan rungon sekä sisäosan lesti- ja muottikustannuksiksi materiaalista muodostui 405 euroa. Jos valmistamme muoteista yhden kappaleen, niin voimme päätellä että pulkan myyntihinta muodostuu liian korkeaksi, sillä kappaleessa 6.4 tutkittu yksittäiskappaleen lisäksi täytyisi muottikustannuksetkin myyntihintaan sisällyttää. $405 \text{ euroa muottikustannukset} + 27 \text{ euroa kappaleen hinta} = 432 \text{ euroa}$. Valmistettaessa 5 kappaleen sarjan tilanne muuttuu. Muottikustannukset laskevat viidennekseen eli $405/5 = 81 \text{ euroa}$. Eli $81 \text{ euroa muottikustannuksiin} + 27 \text{ euroa kappaleen hinta} = 108 \text{ euroa}$. Kymmenen kappaleen sarjassa muottikustannukset $405/10 = 40.5 \text{ euroa}$ + 27 euroa kappaleen hinta = 67.5 euroa. Yhtä kappaletta varten ei kannata tämäntyyppistä avomuottia tehdä, mutta tilanne muuttuu liki

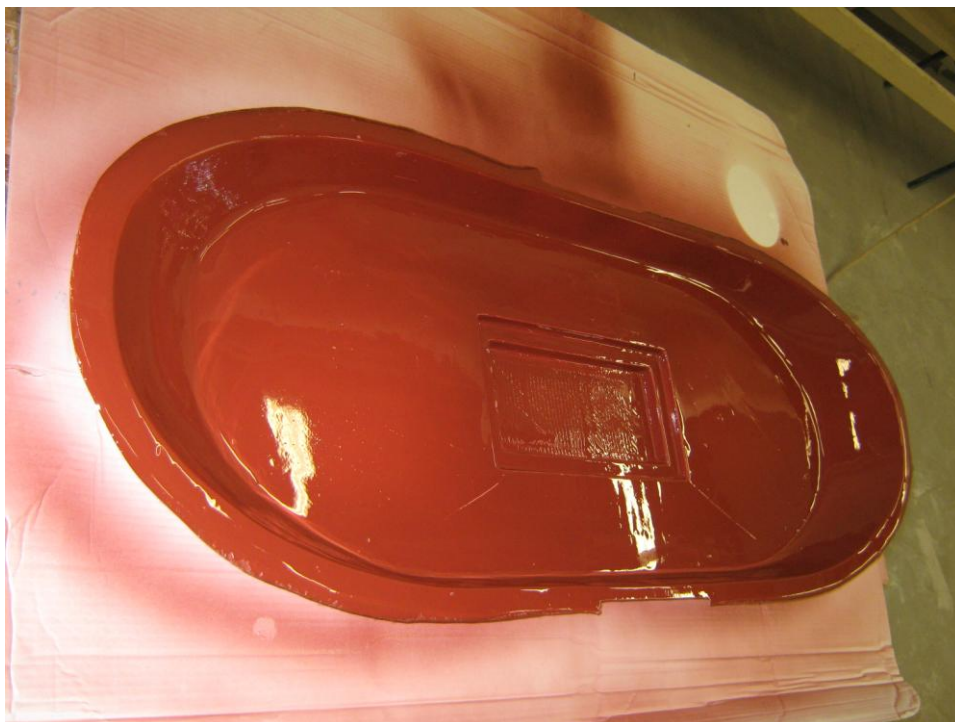
kannattavaksi kun valmistettava kappalemäärä nousee viiteen. Suhteellisesti muottikustannuksien osuus ei pienene mennessä valmistettavissa kappaleissa kymmeneen.



Kuva 32. Muotti ja rungon protokappale.



Kuva 33. Pulkan sisäosan lestityö.



Kuva 34. Pulkan sisäosan lesti lestilakassa.



Kuva 35. Pulkan sisäosan muotti.

9 Pulkan prototyyppi

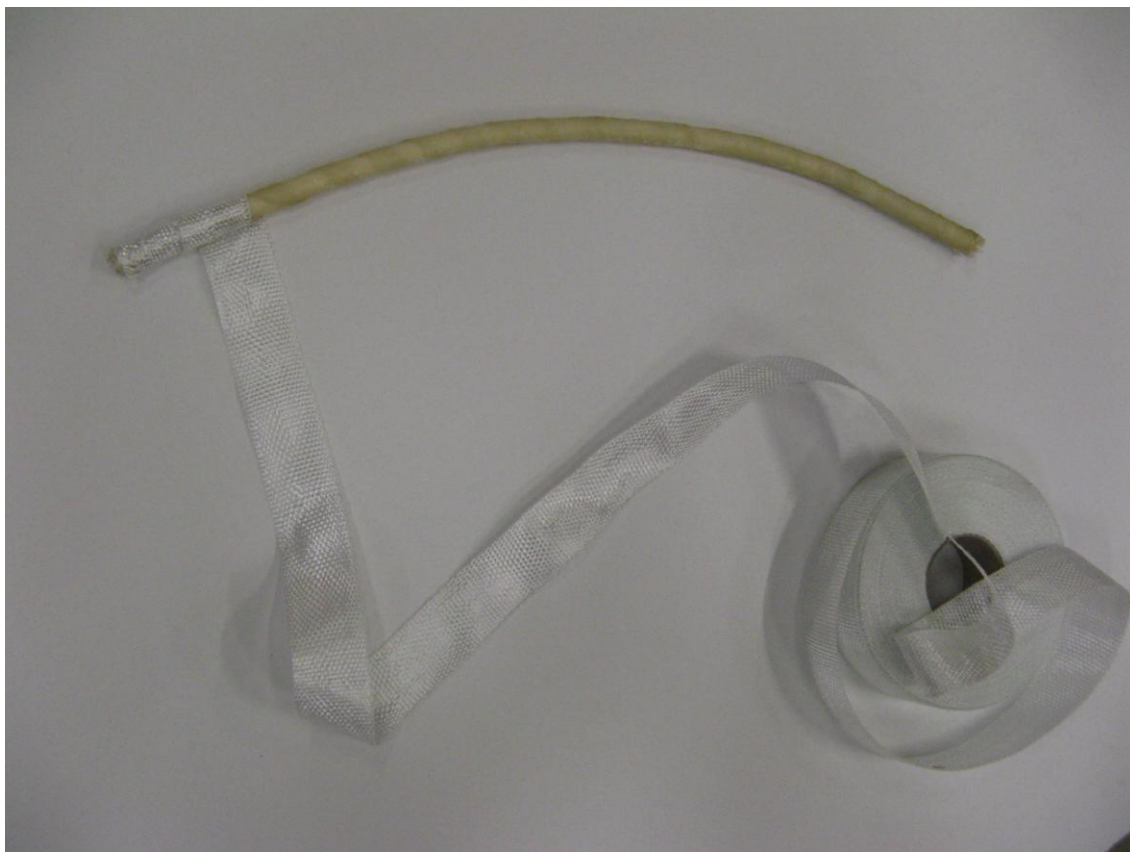
Pulkan prototyyppissä on reunaan liimattu solumuoviputki halkaistuna. (Kuva 36). Putken halkasija on 16 mm. Käsikaiteet ovat taivutettua 12 mm sähköputkea (PVC-muovia), jotka on vahvistettu polyesterihartsilla kostutetulla rowing-nauhalla. Kaiteet on kiinnitetty laminoimalla pulkan runkoon. (Kuva 37). Sähköputkien päälle sovitettiin 20 mm solumuoviputki. Pulkan tasainen istumaosio päällystetään Nautolex -kansikatteella. Sisäosan paksuus on 2 * gelcoat, 1 * 300 g/m², 1 * 450 g/m². Runko-osan paksuus 2 * gelcoat, 1 * 300 g/m², 1 * 450 g/m². Pohjaan sekä sisäosaan asennettiin 10 millimetriä paksu Airex C70, joka on ruudutettu. (Kuva 38). Luukun alla on tilaa 15 mm ja sinne sopii vaihtohansikkaat viikattuina. (Kuva 39). Pulkan prototyyppiä testattiin käyttäjäryhmään kuuluvalla laskijalla. (Kuva 40).

Havainnoituani pulkan luisto-ominaisuuksia Paimion hiihtoputkessa, Paipissa, sain varmuuden lujitemuovisen pulkan hyvistä luisto-ominaisuuksista. Pulkan runko-osan prototypin kulkeminen suoraa laskettaessa mäkeä, ei toteutunut

halutulla tavalla. Parantaaksemme tätä ominaisuutta vaihdoimme 7 millimetriä paksut jalakset 15 millimetriä paksuihin.



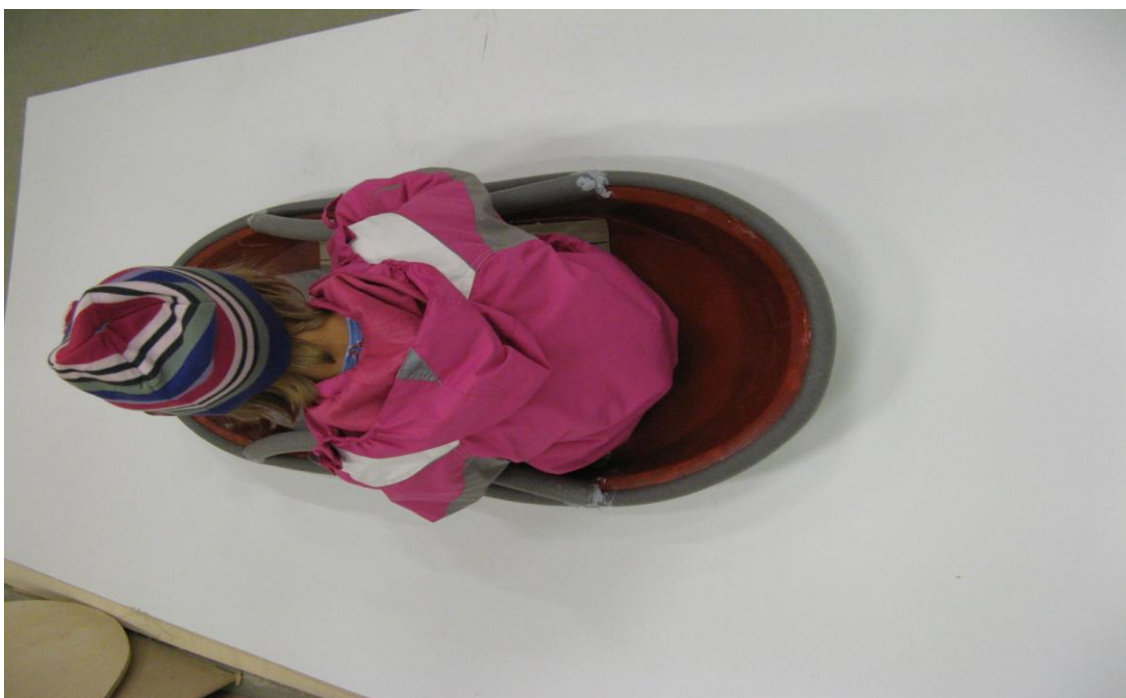
Kuva 36. Pulkan prototyyppi.



Kuva 37. Käsikaiteiden vahvistaminen rowing-nauhalla.



Kuva 38. Pulkan poikkileikkaus.



Kuva 39. Prototyypin koekäyttö.



Kuva 40. Koelasku Paipissa.

10 Tulokset

Ensimmäinen pulkka, joka prototyypin jälkeen valmistettiin, oli muotoilultaan, ergonomialtaan ja valmistustekniikaltaan opinnäytetyön tavoitteiden sekä suunnittelijan halujen mukainen. Pulkkanani on suunniteltu tiedonhankintani ja omien ideoitteni pohjalta sellaiseksi, että ergonomia on otettu huomioon ja se ei vaikuta muotoiluun huonontavasti.

Tutkiessani eri muoveja ja niiden ominaisuuksia pulkanrakentamiseen tuli ehdottoman ylivoimaiseksi materiaaliksi nykypulkissa käytetty polyeteeni. Se on kevein, kestävin, liukkain ja halvin materiaali. Valmistustekniikka ei suosi tämänkokoisen sarjan ja tämäntyyppisen kaksikuorisen pulkan valmistamista. Tehdessäni kaksikuorisen pulkan avomuotilla käsinlaminoimalla, sain pulkan,

jonka liitoksissa sekä kokoamisessa käytettiin paljon käsityötä. Pulkka tehtiin TAO, Turun Ammattiopiston tiloissa ja osittain opiskelijatyönä, joten työkustannuksia oli vaikea laskea. Muos muottien valmistus hoidettiin samassa paikassa ja myös osittain opiskelijatyönä. Muottien materiaalikustannukset olivat hieman alle 500 euroa, joten yhtä myytävää pulkaa varten ei olisi kannattanut niitä valmistaa.

Pulkkani varusteista käsikahvojen asentaminen sekä luukun tekeminen olivat teknisesti vaativimpia kohtia. Jouduin niiden tekemisessä käyttämään erilaisia minulle uusia tekniikoita jolloin suunnitteluun olisi pitänyt keskittyä enemmän.

Pulkan painosta tuli liian suuri johtuen käytetyistä liitos- sekä käsikahvojen vahvistusmateriaaleista ja jatkossa teen ne hieman eri tavalla. Pulkan käyttötarkoitus on kuitenkin sen tyyppinen että liikapainolla ei ole suurta merkitystä.

Opinnäytetyössäni näkyy vahvasti käsillä tekemisen painotus. Olen monissa kohdissa hakenut ratkaisua tekemällä prototyyppejä ja malleja materiaaleista vaikka olisi ollut mahdollista suunnitella ja piirtää ne. Vahvuuteni ja haluni oli kuitenkin tehdä ne tällä tavoin ja otin riskin mahdolliseen ylimääräisen työhön.

Pulkkani on kuitenkin valmistunut opinnäytetyön aikana ja projektin pituuden huomioiden (noin. 8 kuukautta) olen tyytyväinen lopputulokseen. Muotit pulkasta jäävät TAO, Turun Ammattiopiston veneenrakennuslinjan käyttöön.

.

LÄHTEET

Anttila, P. 2005. Ilmaisui, Teos, Tekeminen ja TUTKIVA TOIMINTA. Hamina: AKATIIMI Oy.

Järvinen, P. 2008. Uusi muovitieto. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Kurri, V.; Malen, T.; Sandell, R.; Virtanen, M. 2002. Muovitekniikan perusteet. Helsinki. Opetushallitus

Kuutti, W. 2003. Käytettävyys, suunnittelu ja arviointi. Saarijärvi: Gummerus.

Leimu, P.2010. Lasten pulkka: LumiLotta.Tuotekehitysprojekti. Muotoilun koulutusohjelma. Turku: Turun Ammattikorkeakoulu.

Saarela, O.; Airasmaa, I.; Kokko, J.; Skrifvars, M.; Komppa, V. 2003. Komposiittirakenteet. Helsinki. Muoviyhdistys ry.

.

Liite 1 Elastomerin käyttöohje

APPLICATION AND PERFORMANCE OF CRESTOMER® 1080/POLYESTER RESIN BLENDS

Addition to Polyester

Crestomer 1080 can be blended with most unsaturated polyester resins at 10% to 90% addition levels (see performance graphs overleaf). Typically 20% Crestomer 1080 is used to give significant improvement to flexibility and impact resistance whilst maintaining acceptable HDT and tensile properties. Note: If a high level of unaccelerated Crestomer 1080 is added to cobalt pre-accelerated polyester resin an addition of cobalt accelerator may be required to maintain gel/cure characteristics.

APPLICATIONS

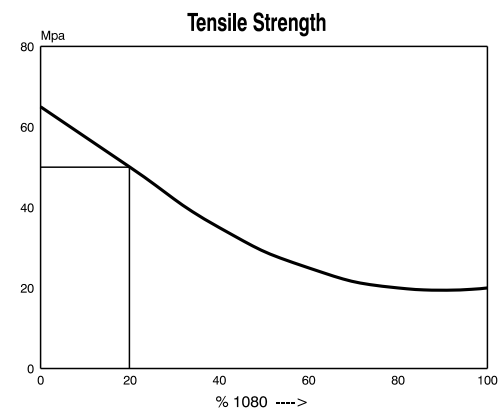
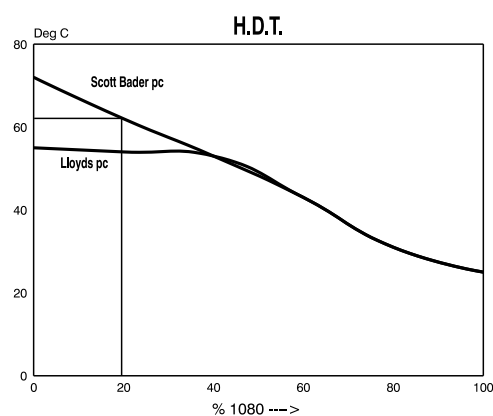
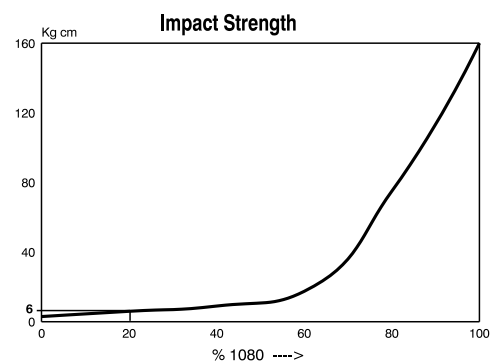
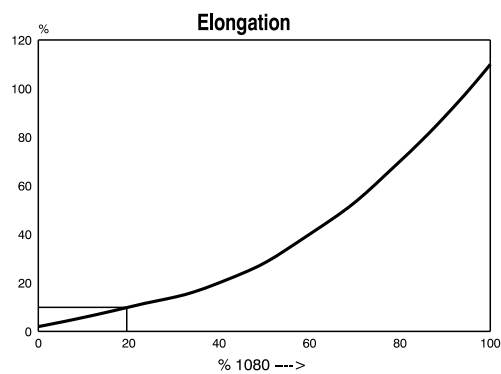
Crestomer/polyester blends have many commercial uses, in a variety of market areas, including:-

- In filled, casting applications, to reduce cracking and impact damage, especially with intricate mouldings, thus giving a reduction in reject rate.
- As an abrasion resistant liner to pipes.
- In GRP sheeting to reduce stress cracking on manufacture and improved impact performance in use.
- To improve stress/corrosion performance in filament wound pipes.

- In the construction of high performance marine craft from aramid fibre where high power to weight ratio is required.
- To give additional bonding when laminating onto cured FRP.
- Behind the gelcoat to give improved reverse impact performance.

The following graphs illustrate the effect on cast properties, of Crestomer 1080 additions to an isophthalic polyester.

Typically a 20% addition gives a three-fold increase in elongation and impact strength.



Note. Lloyds postcure = 16 hrs at 40°C

 Scott Bader postcure = 5 hrs at 80°C, 3 hrs at 120°C

In summary, a tougher resin system can be produced by blending Crestomer 1080 with unsaturated polyester resin.

Technical Leaflet No. 315.1

February 2000